

2.2 Geología histórica de la Cuenca de México

Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera (1989), proponen la geología histórica de la cuenca de la siguiente manera: en el Aptiano ocurrió sedimentación calcárea en cuencas marinas profundas, un periodo de levantamiento y erosión precedió al intervalo de tiempo Albiano Medio-Cenomaniano Temprano, el cual se inició con la acumulación marina anhidritica, proseguida por sedimentación calcárea con dolomitización diagenética en ambiente de plataforma marina, en el sector meridional y únicamente calcárea en condiciones marinas profundas en la región septentrional. Una etapa de regresión marina y erosión antecede a la depositación calcárea, predominante en facies de banco durante el Cenomaniano Tardío-Turoniano Tardío.

La sedimentación calcárea, cambió a tipo flysch durante el Conaciano-Campaniano Temprano, como posible consecuencia del levantamiento y erosión del Arco Magmático Cretácico al poniente.

En el transcurso del Eoceno Tardío- Oligoceno Temprano y posteriormente a la Orogenia Laramide, la sedimentación clástica continental tipo molasa, fue acompañada por efusiones fisurales basálticas alcalinas.

Las tobas volcánicas calci-alcalinas y de composición variable de andesítica a riolítica del Oligoceno-Mioceno Temprano forman parte del arco volcánico del Terciario Medio.

Los períodos volcánicos separados por hiatos magmáticos y que se relacionan genéticamente con la actividad del Arco Volcánico Trans-americano, están representados por secuencias calci-alcalinas constituídas por depósitos piroclásticos de caída, tipo “surges” y de flujo, por derrames lávicos y domos de composición variable de andesítica, basáltica a dacítica y de edad del Mioceno Medio-Tardío, Plioceno Temprano, Plioceno Tardío y Cuaternario; flujos lávicos fisurales alcalinos y calci-alcalinos, de composición basáltica y del Plio-Cuaternario y derrames lávicos y tefra de caída calci-alcalinos, de composición basáltica, andesítica basáltica y andesítica, y de edad Cuaternaria.

Durante el periodo Maestrichtiano-Eoceno Temprano, las secuencias sedimentarias del Cretácico fueron plegadas por efecto de la Orogenia Laramide.

La gran sedimentación clástica aluvial del Plio-Cuaternario en la Cuenca de México, estuvo supeditada al bloqueo parcial del desagüe, por el fallamiento normal Plio-Cuaternario y por el emplazamiento de derrames lávicos de la misma edad.

El régimen endorreico total de la Cuenca de México y consecuente sedimentación lacustre del Pleistoceno-Holoceno, se originó por la intensa actividad volcánica que formó la Sierra Chichinautzin.

2.3 Geología estructural de la Cuenca de México

Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera (1989), proponen que durante la Orogenia Laramide se produjeron pliegues en las rocas cretácicas, donde se presentan pliegues simétricos y recostados al oriente y poniente, los ejes son sinuosos y generalmente orientados al NNE, las charnelas suben y bajan irregularmente. Los pliegues de la región pertenecen a la provincia tectónica de rocas jurásicas y cretácicas plegadas que componen la Sierra Madre Oriental, con base en la dirección preferencial de estos pliegues, Fries (1960) propuso fuerzas compresivas que originaron dicho plegamiento, de dirección Este-Noreste y Oeste-Sureste.

En la porción centro meridional, se localizan las fallas Jojutla y Cañón de Lobos, ambas normales con desplazamiento lateral derecho.

La diferencia en altitud de la cima de rocas cretácicas que se manifiesta en los pozos exploratorios Mixhuca-1 y Roma-1, sugiere la presencia de una falla normal con bloque hundido hacia el poniente con rumbo N15°W y con desplazamiento vertical, lo cual indica que esta falla pertenece al sistema de fallas Jojutla-Cañón de Lobos de edad Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano, la cual es penecontemporánea con la parte inferior del Grupo Balsas. Tomando en cuenta el arreglo conjugado que muestran en especial éstas fallas, se infieren esfuerzos compresivos de dirección S85°W posiblemente generados por la paleosubducción de la placa Farallón, por debajo de la placa Norteamericana, causando esfuerzos de tensión en dirección N5°W.

Las fallas del Oligoceno Tardío-Eoceno Temprano, dislocan al Grupo Balsas y se han reconocido únicamente en la zona más meridional, en donde aflora el Grupo Balsas, la falla normal reconocida al noreste de Ticumán, tiene un rumbo

N45°W. Otra falla normal perteneciente a este sistema, se localiza al Oriente de Xalostoc, con un rumbo al noroeste.

En las sierras occidentales y orientales de la porción meridional de la Cuenca de México, así como en las sierras de Guadalupe, Tepetzotlán y en el cerro Chimalhuacán, existe una serie de fallas normales que cortan las formaciones volcánicas del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, dichas fallas buzan en direcciones indefinidas y tienen ángulo de echado grande que varía entre 60° y 80°; algunas fallas forman pequeños grabens, el rumbo preferencial es este-oeste. En bancos de material, se han observado fallas normales sepultadas de éste mismo sistema.

Se han inferido otras fallas normales sepultadas con base en los alineamientos de conos cineríticos monogenéticos de las formaciones cuaternarias Chichinautzin y El Pino. Los conos cineríticos más evidentes son los de escoria de los cerros: La Estrella, Peñón del Marqués y Chimalhuacán, los cuales se alinean en superficie con la falla inferida de Contreras; los de la Sierra de Santa Catarina con el Volcán el Pino; el alineamiento al sur de Topilejo de conos cineríticos y rasgos de efusiones fisurales, con el cono de escoria del cerro Tehutli; los conos-anillo de toba y los conos de escoria al sur de Tlalmanalco; los numerosos conos de tefra y de lava de la Sierra Chichinautzin, que se alinean con la falla normal de Tenango, la dirección de desplazamiento de estas fallas es WE, estas fallas han estado activas, al menos después del Oligoceno.

La falla de Tenango en el Estado de México, es una falla normal que corta rocas volcánicas del Mioceno Medio-Tardío, tiene desplazamiento al norte y arreglo escalonado, lo que indica zonas de transferencia a lo largo de una longitud aproximada de 15 km; hacia el oriente de ella se alinean numerosos conos cineríticos de la Formación Chichinautzin y el volcán meridional de la Sierra Zempoala, al poniente se alinea el estratovolcán del Cuaternario, Nevado de Toluca; al sur se encuentran varias fallas normales de este mismo tipo.

El patrón estructural Chapala-Acambay, está formado por numerosas fallas normales dispuestas escalonadamente, con rumbo predominante EW de edad Plio-Cuaternaria. Dentro de este patrón estructural, se incluyen las fallas normales regionales del distrito minero Pachuca-Real del Monte. Los derrames

lávicos fisurales de rocas máficas del Plioceno Tardío en el norte de la Cuenca de México, pudieron haber sido extruidos a lo largo del mencionado patrón estructural. La interpretación de la disposición estructural indica que el sistema de fallas del Plio-Cuaternario, probablemente se originó por esfuerzos compresivos en dirección S75°W, los cuales probablemente se relacionan con la convergencia entre la placa oceánica de Cocos y la placa continental Norteamericana (Figura 2.2).

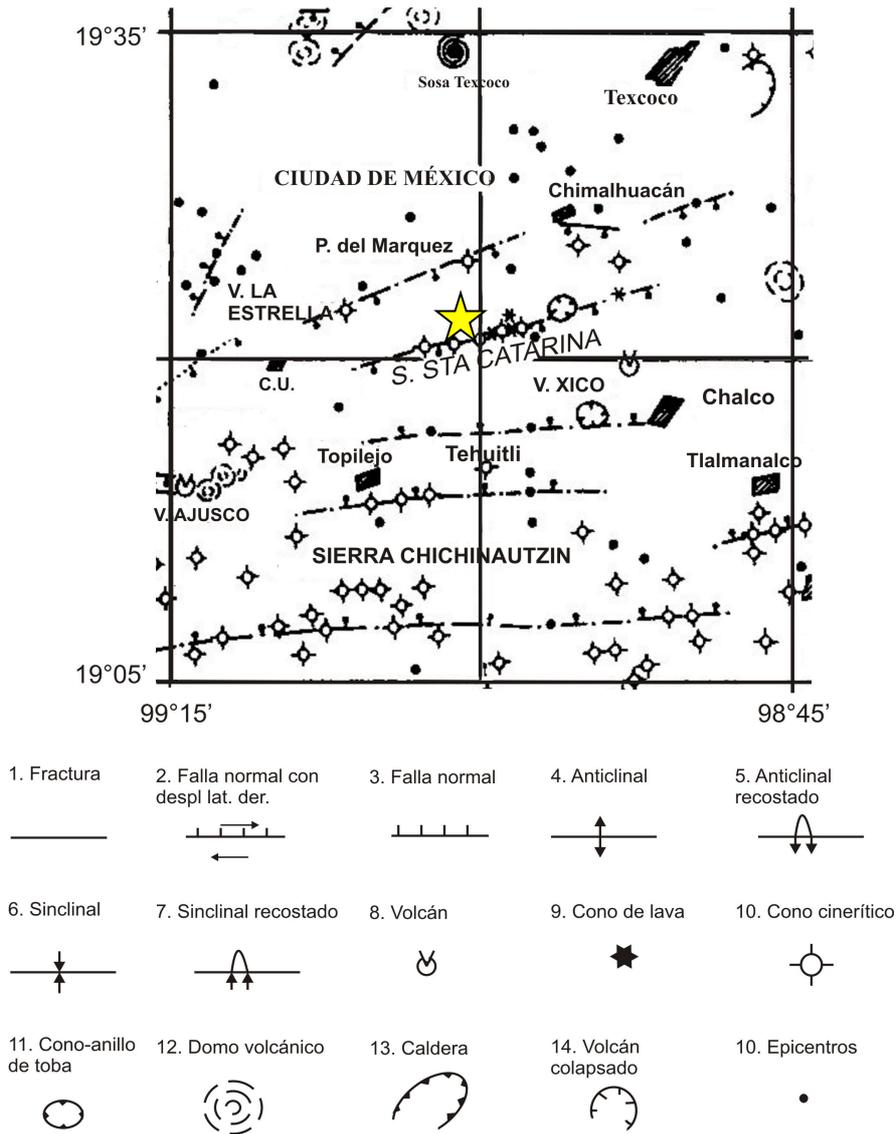


Figura 2.2 Plano Estructural Regional, La estrella indica la ubicación de la zona de estudio (Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera, 1989)

2.4 Antecedentes hidrológicos

De acuerdo con Cabral-Cano *et al.*, (2008), la porción sur de la Cuenca de México incluye una planicie lacustre que antiguamente se encontraba cubierta

por cuerpos someros de agua, lo que comúnmente se refería como el Valle de México. Actualmente esta área tiene varios lagos pequeños, incluyendo el de Texcoco, Zumpango y Chalco, el último fue completamente drenado a finales del siglo XX. Estos lagos, en conjunto con el canal de Xochimilco, son remanentes de un gran cuerpo de agua que cubría alrededor de un cuarto de la superficie total de la cuenca hace miles de años.

La Ciudad de México fue construida sobre el lago de Texcoco, rodeada por montañas que pueden exceder los 5000 m de elevación, dichas montañas proveen una recarga natural al agua subterránea de la cuenca. Las inundaciones en los siglos XVI y XVII hicieron necesaria una abertura artificial en la cuenca y la construcción de otros trabajos hidráulicos a finales de los 1700s para evitar nuevas inundaciones. Desde entonces, se ha construido y mejorado la red de manejo hidráulico, manteniendo su función de control de inundaciones pero reduciendo drásticamente la recarga natural del agua subterránea.

El área metropolitana de la Ciudad de México consume más de 65 m³/s y más del 70% proviene del manto acuífero debajo de la ciudad a través de un sistema de más de 380 pozos de agua. El consumo de agua generalmente excede la recarga, lo cual hace más profundo el nivel freático entre 0.1-1.5 m/año, reduciendo la presión de poro de los fluidos en el acuífero ocasionando la compactación de arcillas y la subsidencia de la superficie, en la Figura 2.3 se observa la subsidencia en la zona de estudio (Cabral-Cano *et al.*, 2008).

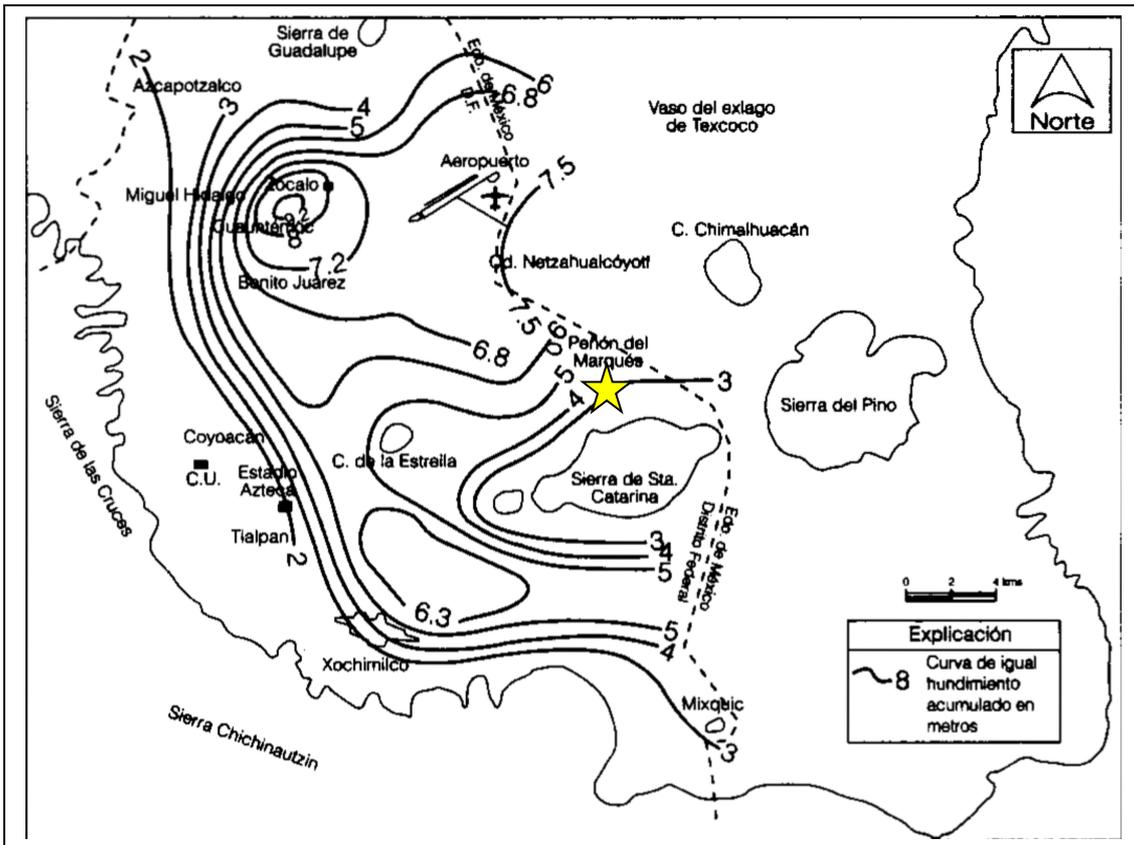


Figura 2.3 Subsistencia del terreno 1891-1994, la estrella indica la ubicación de la zona de estudio (Lesser y Cortés, 1998)

La Figura 2.3 muestra el hundimiento acumulado del terreno de 1891 a 1994, observándose máximos de poco más de 10 m en el centro de la Cuenca de México; hundimientos entre 6 y 7 m del centro hacia el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México; hundimientos ligeramente mayores a 6 m en el canal Nacional y en el canal de Chalco, en el tramo donde se encuentra la batería de pozos Tláhuac-Neza; y hundimientos ligeramente mayores a 5 m en el área de Tláhuac.

Los hundimientos tienden a desaparecer hacia las elevaciones topográficas correspondientes a la sierra de las Cruces al poniente, la sierra de Chichinautzin al sur, y el cerro de la Estrella y la sierra de Santa Catarina en el centro-este de la Ciudad.

2.5 Marco geológico de la zona de estudio

El plantel Casa Libertad de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, se encuentra al oriente del Distrito Federal, cerca de los límites de las delegaciones Tláhuac e Iztapalapa, donde se encuentra un conjunto de conos volcánicos jóvenes, alineados de occidente a oriente, en las faldas de la llamada Sierra de Santa Catarina.

De acuerdo con Lugo-Hubp *et al.*, (1994) la Sierra de Santa Catarina está constituida por rocas volcánicas que consisten en derrames de lava y tefra. Los pozos cercanos a la Sierra de Santa Catarina, demostraron la existencia de una interdigitación de los sedimentos lacustres con depósitos volcánicos del Grupo Chichinautzin, y debido a su morfología, composición petrológica y su posición en la columna estratigráfica, la sierra de Santa Catarina se considera contemporánea de la sierra Chichinautzin.

El alineamiento de los volcanes de la Sierra de Santa Catarina, de oeste a este, con ligera desviación al norte se atribuyen a cizalleo, en un sistema de fallas al ENE, con lo que se concluye que ésta sierra es producto de una falla principal inclinada al sur; y una secundaria antitética, casi paralela a la anterior, e inclinada al norte. La primera controla al volcán Yuhualixqui y a una serie de conos sepultados en la parte septentrional, mientras que la segunda, más joven, corresponde a la posición de los volcanes actuales.

La sierra de Santa Catarina es controlada por una falla de orientación N75°E de tensión que se desarrolló por deformación debida a rotación producida por las fallas NE de desplazamiento horizontal siniestro, mientras que el Volcán de Guadalupe se orienta sobre una falla de orientación N45°E.

En las faldas de la Sierra de Santa Catarina se encuentra una zona que representa la transición entre depósitos lacustres y la zona volcánica de derrames de lava y tefra.

Cabral-Cano *et al.*, (2008) define la zona de transición como consistente de gruesos depósitos sedimentarios sobre estratos lacustres ricos en arcillas con interdigitación de depósitos lacustres y aluviales.

De la Torre (2010), menciona que se llevó a cabo un estudio geotécnico en Tepozanes, dicho sitio se encuentra a menos de 1 km del área de estudio,

donde se puede observar que se trata de una zona de transición con estratos de limo, arena y arcilla saturadas.